

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003年9月18日 (18.09.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/077014 A1(51) 国際特許分類⁷: G02F 1/01

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/02778

(22) 国際出願日: 2003年3月10日 (10.03.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-66620 2002年3月12日 (12.03.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 加藤 友章

(KATO, Tomoaki) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 天野 広 (AMANO, Hiroshi); 〒105-0014 東京都港区芝三丁目40番4号 シャイン三田ビル5階 Tokyo (JP).

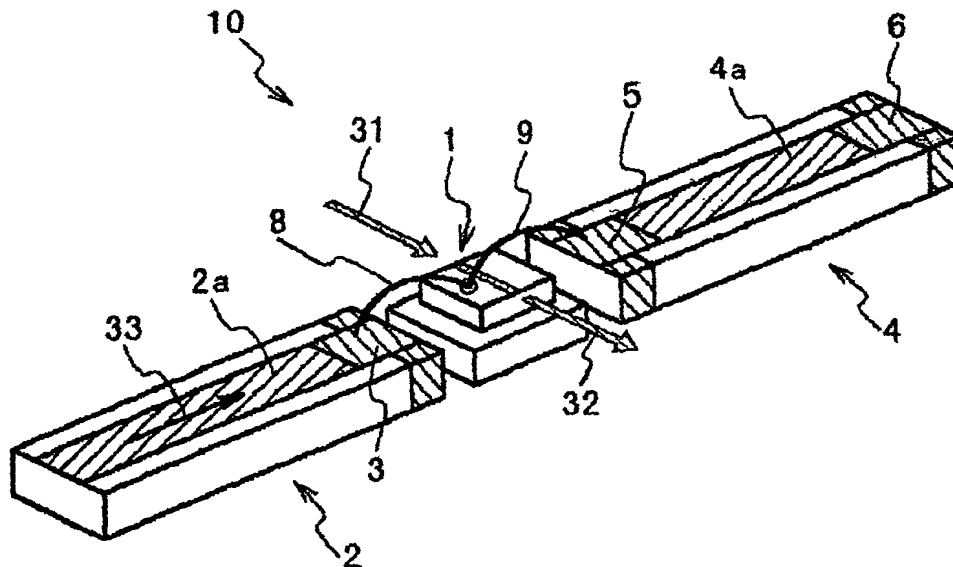
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MODULATOR EXCITING CIRCUIT

(54) 発明の名称: 光変調器励振回路



(57) Abstract: An optical modulator exciting circuit comprising an optical modulator for modulating light for outputting, a first strip line electrically connected to the optical modulator to output a modulated RF signal to the optical modulator, and a second strip line electrically connected with the first strip line via the optical modulator, characterized in that the first strip line includes a first electric element and has a first characteristic impedance, the second strip line includes a second electric element and has a second characteristic impedance, the first characteristic impedance is equal to the characteristic impedance of an input path to the first strip line of a modulated RF signal, and a parallel, synthetic impedance of the first electric element and the second electric element is equal to the characteristic impedance of the input path.

[続葉有]



(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 本光変調器励振回路は、光を変調して出力する光変調器と、光変調器に電氣的に接続され、光変調器に変調 RF 信号を出力する第 1 のストリップ線路と、光変調器を介して第 1 のストリップ線路に電氣的に接続されている第 2 のストリップ線路と、を備えており、第 1 のストリップ線路は、第 1 の電気素子を含み、かつ、第 1 の特性インピーダンスを有し、第 2 のストリップ線路は、第 2 の電気素子を含み、かつ、第 2 の特性インピーダンスを有しており、第 1 の特性インピーダンスは、変調 RF 信号の第 1 のストリップ線路への入力経路の特性インピーダンスに等しく、第 1 の電気素子と第 2 の電気素子との並列合成インピーダンスは入力経路の特性インピーダンスに等しいものであることを特徴とする。

明 細 書光変調器励振回路発明の技術分野

本発明は、光信号の変調を行う光変調器を励振する光変調器励振回路、光変調器励振回路を含む光変調器モジュール及び光信号の変調を行う光変調器の励振方法に関する。

従来の技術

インターネットに代表される広帯域マルチメディア通信サービスの爆発的な需要の増加に伴い、より大容量かつ高機能な光ファイバ通信システムの開発が求められている。また、光ファイバ通信システムの大規模化に伴い、光ファイバ通信システムに使用される光通信モジュールの数も増加の一途をたどっている。

このため、光ファイバ通信システムにおいて使用される光通信モジュールについては、その大きさの他に、光ファイバ通信システム全体に占めるコスト及び実装負荷は無視できないものとなっている。従って、光通信モジュール自体の小型化、高機能集積化及び低コスト化は極めて重要な課題となっている。

光ファイバ通信システム全体の小型化及び部品点数の削減を図るための方法の一つとして、データの時間多重度を上げて1波長チャンネル当たりの伝送容量を増加させる方法が考えられる。現在、このような方法を実現するため、高速変調に対応した通信用光デバイスの研究開発が活発に行なわれている。

一方、1波長チャンネル当たりの伝送速度を増加させると、光ファイバ伝送路固有の波長分散が長距離伝送後の光波形に与える影響が無視できないものになってくる。これは、光源デバイスに光強度変調をかける際に、極めて小さいながらも、位相変調（または周波数変調）が重畳されてしまうことに起因している。この現象は一般に「波長チャープニング」と呼ばれ、特に1チャンネル当たり2.5 Gb/sを越えるあたりから長距離伝送特性に深刻な影響を及ぼす。このため、2.5 Gb/sを越える幹線系光ファイバ通信システムにおいては、波長チャープニングの小さな外部変調方式が主流となっている。また、この外部変調方式向け

に、化合物半導体の電界吸収効果を応用した単体光強度変調器（以下、「電界吸収型光変調器」と呼ぶ）やこの電界吸収型光変調器をDFBレーザ等の光源素子とモノリシック集積化した光変調器集積化光源の開発が盛んである。

現在、1チャンネル当たり2.5Gb/s乃至10Gb/sの光ファイバ通信システムが既に実用化されている。また、これをさらに1チャンネル当たり40Gb/s以上へと高速化するための超高速電界吸収型光変調器やその集積化光源、及びそれらのピグテールモジュールの開発が続けられている。

電界吸収型光変調器や光変調器集積化光源のモジュール化にあたっては、図7に示すような変調信号励振系が広く用いられている。図7は、従来の光変調器励振回路100を示す斜視図である。

この光変調器励振回路100は、光変調器111と、第1のストリップ線路112と、終端114を有する第2のストリップ線路113と、光変調器111と第1のストリップ線路112と接続する第一ボンディングワイヤ115と、光変調器111と第2のストリップ線路113と接続する第二ボンディングワイヤ116と、から構成されている。

第1のストリップ線路112と第2のストリップ線路113とは、光変調器111を間に挟んで、光信号131の伝搬方向に対して垂直な方向に一直線上に配置されている。光信号131は光変調器111に入力され、光変調器111において、第1のストリップ線路112から出力された変調信号133により光信号132に変調され、出力される。

この光変調器励振回路100においては、第一ボンディングワイヤ115及び第二ボンディングワイヤ116のインダクタンスを加減することにより、帯域改善効果を調節することができる。しかしながら、特に、ミリ波帯に近い高周波域において、光変調器励振回路100を見込んだ反射S11（後述する図5参照）が著しく増加するという本質的な難点を抱えている。それは次の二つの理由による。

第一の理由は次の通りである。逆バイアス下で容量性の振舞いをする光変調器111のサセプタンスは直流近傍ではゼロ（開放）である。しかしながら、高域では第1のストリップ線路112及び第2のストリップ線路113の特性アドミッタンスと同程度にまで増加して、低インピーダンス（短絡に近い負荷）へと変

化してしまう。

第二の理由は次の通りである。光変調器 1 1 1 と第 2 のストリップ線路 1 1 3 とを接続する第二ボンディングワイヤ 1 1 6 のインダクタンス及び光変調器 1 1 1 の光吸収層のキャパシタンスから決まる共振周波数の近傍から高域の周波数にわたって、第二ボンディングワイヤ 1 1 6 以降を見込んだ負荷が高インピーダンスとなる。そのため、終端 1 1 4 が有効に機能しなくなる。

その反射の絶対値は -10 dB （変調 RF 信号入力 of 1 割）を越えてしまう場合もあり、光変調器 1 1 1 を励振する励振回路を駆動する系の負荷が大きくなる、あるいは、変調周波数特性に不要共振の影響が現れるなどの問題を招くことが避けられない。

これらの問題の回避策としては、反射波を一定レベル以下に減衰させるための固定減衰器をモジュールの前段に挿入する方法がもっとも容易であると考えられる。しかしながら、 40 Gb/s 帯向けの光変調器モジュールともなると、その駆動回路自体に要求される広帯域化、高出力化を両立させること自体がもともと技術的に難しいことから、実際には駆動回路へ負担を強いることになるこの方法は安易に採用することはできない。

また、単に整合を実現するという目的だけに限って考えれば、ストリップ線路端部を開放（オープン）または短絡（ショート）としたスタブを組み合わせる方法も選択肢の一つである。しかしながら、スタブの本来の役割は特定周波数における負荷のインピーダンスを補償することであり、光ファイバ通信に要求されるような直流からミリ波までの広帯域にわたる整合を実現するという用途にはもともと適していない。さらに、スタブの形成にあたっては、限られたサイズの光変調器モジュールの内部に必要以上に長いストリップ線路を新たに設けることになり、実装の観点からあまり好ましいことではない。

しかしながら、上記の方法以外に特に有効な解決策がないことから、光変調器モジュールや光変調器集積化光源モジュールは、上記の問題を抱えつつ、強い反射が残ったまま使用されているのが実状である。

例えば、特開 2001-209017 号公報は、広帯域でインピーダンス整合を行ない、光電変換周波数の高い光電変換半導体装置を提案している。この光電変換半導体装置は、半導体素子と、高周波電気信号回路と、抵抗性整合回路と、

容量性整合回路とを備える。半導体素子は、光電気信号変換を行なう。高周波電気信号回路は、半導体素子に近接する端部を有し、この端部のうち、半導体素子が有する電気信号端子に最も近接する部位を接続点とし、導電体を介して、電気信号端子に接続されている。抵抗性整合回路は、導電体を介して一端が半導体素子の電気信号端子と接続され、他の一端が接地されている。容量性整合回路は、高周波電気信号回路の端部の接続点に接続され、接続点から見た半導体素子側のインピーダンスが抵抗性整合回路の規格化インピーダンスとなるように定められたインピーダンスを有する。

また、特開 2001-154161 号公報は、光半導体素子内に発生したフォトキャリアを速やかに高周波的に光半導体素子外部に逃がすことを目的とする半導体装置を提案している。この半導体装置は、半導体素子と、ショート回路とを備える。半導体素子は、所定の周波数の高周波光信号の入力によりフォトキャリアが発生する半導体層と、そのフォトキャリアを高周波電力として出力する出力電極とを備える。ショート回路は、出力電極に接続され、出力電極から出力される上記周波数の高周波電力に対して出力電極を接地状態とする。

また、特開 2000-19473 号公報は、伝送線路の形成スペースが小さいマイクロストリップラインを用いるための光変調器モジュールの実装構造を提案している。この光変調器モジュールの実装構造は、光素子と、キャリアと、光ファイバと、高周波端子と、電子冷却素子と、誘電体基板と、パッケージとからなる。キャリアは、導電性を有し、光素子を搭載する。光ファイバは、光信号の入出力用である。高周波端子は、高周波電気信号を供給する。電子冷却素子は光素子を恒温に維持する。誘電体基板にはマイクロストリップラインが形成されている。パッケージは上記の各構成部材を保持する。パッケージは、高周波端子と、グランド付コプレーナ伝送線路とを有する。ここで、誘電体基板は、キャリアに搭載されており、また、高周波端子側のキャリア端において、キャリア表面が露出している。そのキャリア露出部とグランド付コプレーナ伝送線路のグランド領域と、マイクロストリップラインと、グランド付コプレーナ伝送線路の信号領域とがそれぞれワイヤにより接合されている。

しかしながら、これらの光電変換半導体装置及び光変調器モジュールの実装構造によっても、前述の反射の問題は依然として解決されていない。

従って、本発明の目的は、光変調器及びその集積素子の光変調器モジュールを高速変調する際に、特に、変調RF信号の最高周波数がミリ波帯に及ぶような高周波域においても、反射の急増を抑制することが可能な光変調器励振回路を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、変調周波数帯域を損なわずに、上記反射の急増を抑制することが可能な光変調器励振回路を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、回路素子または部品や製造方法の変更をほとんど必要とせずに、上記反射の急増を抑制することが可能な光変調器励振回路を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、光変調器及びその集積デバイスを納めた光変調器モジュールの広帯域化、低電圧駆動、低コスト化、量産性向上を実現するために最も有効な光変調器励振回路を提供することにある。

本発明は、さらに、そのような光変調器励振回路を含む光変調器モジュール及び上記の光変調器励振回路と同様の効果を奏する光変調器の励振方法を提供することを目的とする。

発明の開示

上記の目的を達成するため、本発明は、光を変調して出力する光変調器と、光変調器に電氣的に接続され、光変調器に変調RF信号を出力する第1のストリップ線路と、光変調器を介して第1のストリップ線路に電氣的に接続されている第2のストリップ線路と、を備える光変調器励振回路において、第1のストリップ線路は、第1の電気素子を含み、かつ、第1の特性インピーダンスを有し、第2のストリップ線路は、第2の電気素子を含み、かつ、第2の特性インピーダンスを有しており、第1の特性インピーダンスは、変調RF信号の第1のストリップ線路への入力経路の特性インピーダンスに等しく、第1の電気素子と第2の電気素子との並列合成インピーダンスは入力経路の特性インピーダンスに等しいものであることを特徴とする光変調器励振回路を提供する。

第2の電気素子は、少なくとも2つの電気素子を含むものとして構成することができる。この場合、これら2つの電気素子は第2のストリップ線路上の長手軸方向の互いに異なる位置に配置されていることが好ましい。

あるいは、2つの電気素子の各々は第2のストリップ線路の両端に配置することも可能である。

第1の電気素子及び第2の電気素子の一方あるいは双方は、例えば、抵抗から構成することができる。

この場合、抵抗としては、第2のストリップ線路上の導体上に形成された薄膜抵抗体を用いることができる。

第2のストリップ線路の電気長は、変調RF信号の最高周波数に対する波長の $1/4$ 波長以下に設定することが好ましい。

第2の特性インピーダンスは、第1の特性インピーダンスと等しい値に設定することも可能であるが、第1の特性インピーダンスとは異なる値に設定することが好ましい。

第1の電気素子のインピーダンスは、第1の特性インピーダンスと等しい値に設定することも可能であるが、第1の特性インピーダンスとは異なる値に設定することが好ましい。

さらに、本発明、光信号を変調する変調RF信号を受信する高周波入力部と、第1の光信号を受信する光入力部と、高周波入力部と電氣的に接続し、光入力部と光学的に接続し、変調RF信号に基づいて、第1の光信号を第2の光信号に変調する請求項1乃至8のいずれか一項に記載の光変調器励振回路と、光変調器励振回路と光学的に接続し、第2の光信号を出力する光出力部と、を備える光変調器モジュールを提供する。

光入力部は、例えば、光信号を入出力可能な光入力端子と、第1のレンズと、から構成することができる。この場合、光入力端子は、第1の光ファイバに接続され、第1の光ファイバを介して第1の光信号を受信して、第1のレンズに出力するものとして構成され、第1のレンズは、第1の光信号を受信して、光変調器励振回路の光変調器に出力するものとして構成される。

光出力部は、例えば、第2のレンズと、光信号を入出力可能な光出力端子と、から構成することができる。この場合、第2のレンズは、光変調器励振回路の光変調器から第2の光信号を受信して、光出力端子へ出力するものとして構成され、光出力端子は、第2の光ファイバに接続され、第2のレンズを介して第2の光信号を受信して、第2の光ファイバへ出力するものとして構成される。

さらに、本発明は、第1の電気素子を含み、かつ、第1の特性インピーダンスを有する第1のストリップ線路を介して、変調RF信号を光変調器に出力する過程と、光変調器において、変調RF信号に基づいて、第1の光信号を第2の光信号に変調する過程と、第2の電気素子を含み、かつ、第2の特性インピーダンスを有する第2のストリップ線路に変調RF信号を光変調器から出力する過程と、を備え、第1の特性インピーダンスは、変調RF信号の第1のストリップ線路への入力経路の特性インピーダンスに等しく、第1の電気素子と第2の電気素子との並列合成インピーダンスは入力経路の特性インピーダンスに等しく設定されている光変調器の励振方法を提供する。

本発明に係る光変調器励振回路は、変調RF信号で光変調器を励振する際に、広帯域かつ低反射特性に優れた特性を有する。

すなわち、本発明に係る光変調器励振回路は、ストリップ線路を最適設計することにより、光変調器及びこれを集積化した集積光素子が実装された光変調器モジュールにおいて、光変調器が示す容量性負荷としての振舞いを可能な限り整合して抑えるものである。さらに、変調周波数帯域への影響を最小限にとどめたまま、この光変調器励振回路全体を見込んだ反射を必要なレベル以下に抑制することを可能とするものである。

具体的には、本発明に係る光変調器励振回路においては、既存の光変調器モジュール内の終端抵抗を光変調器励振回路の内部に分散して配置する。これによって、この光変調器励振回路を見込んだ反射特性を実用上無視できる程度に小さな値に抑えることが可能になる。その際、別途新たな回路素子または部品を用意することなく、従来の製造装置及び製造工程によるモジュール組立作業をそのまま利用することが可能である。

本発明に係る光変調器励振回路における終端抵抗の分散配置をより具体的に説明すると、次のようにまとめることができる。

(1) 光変調器素子のサセプタンスを、このサセプタンスと逆符号を有する別の負荷で整合する。

(2) 整合に用いる負荷として、第2のストリップ線路の両端に終端抵抗を設ける。整合回路は、両端に終端抵抗を設けた第2のストリップ線路を光変調器素子に並列に接続して構成する。

第2のストリップ線路の両端に終端抵抗を設ける構造は、従来のスタブとは異なる両端終端スタブである。ここで、従来広く用いられているマイクロ波／ミリ波帯の整合回路としての開放スタブあるいは短絡スタブを用いない理由は、それらのインピーダンスが周波数とともに極端に変化してしまうため、容量性負荷として振る舞う光変調器素子のインピーダンス整合には適さないからである。

第2のストリップ線路の特性インピーダンスと終端抵抗との比を変えることによって、必要とされる整合回路のインピーダンスの上限及び下限を独立に最適化することが初めて可能となる。また、第2のストリップ線路の両端に設けられた終端は、光変調器励振回路内に形成される線路不連続部間の不要な多重反射を抑えるダンピング抵抗としての役割も担っており、不要な反射波を速やかに減衰させ、変調周波数特性に現れやすい不要共振の影響を効果的に抑える働きも期待することができる。

(3) 第2のストリップ線路の長さを、入力変調RF信号の周波数（波長 λ ）に対して、 $\lambda/4$ 以下とする。

整合帯域は、第2のストリップ線路の長さでほぼ決定することができる。ここで、そのアドミタンスをテーラー展開した場合、入力変調RF信号の波長 λ に対する1次近似が概ね成り立つ $\lambda/4$ 以下の長さの第2のストリップ線路を考える。このとき、第2のストリップ線路と終端抵抗とは、周波数に比例してアドミタンスが減る（すなわち、インピーダンスが増加する）傾向を示す整合回路に見立てることができる。

この第2のストリップ線路と終端抵抗の振舞いは、光変調器素子のような周波数依存性が単調（インピーダンスが減少する）な容量性負荷の振舞いを打ち消す傾向にあり、上述の(1)が要請する条件を満たすことから、広帯域化を図るうえで非常に好適である。

(4) 本発明においては、第1のストリップ線路と第2のストリップ線路とに分散配置された終端の並列合成抵抗を、変調RF信号の入力線路の特性インピーダンスと一致させる。

直流に近い低周波帯においては、光変調器素子自身のインピーダンスはほぼ無限大（開放）であり、光変調器励振回路を見込んだ負荷は分散配置された終端の並列合成抵抗にほぼ等しくなる。このため、この負荷の値が変調RF信号の入力

線路の特性インピーダンスと一致するように第1及び第2のストリップ線路の終端を選ぶことにより、光変調器励振回路を見込んだ反射を実用上支障がない程度に抑えることが可能となる。

通常、整合を取りたい素子のインピーダンスの周波数依存性に対して、整合回路の回路素子パラメータを最適化することは容易ではない。しかしながら、本発明に係る光変調器励振回路においては、上記(3)の特徴から、第2のストリップ線路長を調節することにより整合回路としての周波数依存性を調節することにより、さらに、上記(2)の特徴から、第2のストリップ線路の特性インピーダンスとその両端に設けた抵抗との間の比を調節することにより、整合回路が示すインピーダンスの絶対値の上限値及び下限値をそれぞれほぼ独立に最適化することが可能である。

すなわち、整合回路は、変調RF信号の周波数に比例してアドミタンスが減る(インピーダンスが増加する)傾向を示すので、その周波数の整合範囲(帯域)の増減範囲や増減割合は、第2のストリップ線路の長さを調整することにより、制御可能である。

また、整合回路が示すインピーダンスの絶対値の上限値は、第2のストリップ線路の特性インピーダンスとその両端に設けた抵抗との間の比を調節することにより、制御可能である。

同様に、整合回路が示すインピーダンスの絶対値の下限値は、第2のストリップ線路の特性インピーダンスとその両端に設けた抵抗との間の比を調節することにより、制御可能である。

さらに、それらはそれぞれほぼ独立に最適化することが可能である。

本発明により、光変調器及びその集積素子の光変調器モジュールを高速変調するうえで従来問題となっていた高周波域での反射急増を効果的に抑えることが可能となり、光ファイバ通信システムに必要とされる直流からミリ波帯までの広帯域にわたる低反射化を実現することが可能になる。この結果、光変調器モジュールを駆動する回路の負担が軽減されると同時に、不要共振に起因する変調信号への悪影響を軽減することが可能となる。

一方、本発明を適用しても変調周波数帯域は劣化せず、理想的な広帯域・低反射変調特性を満足することができる。

また、本発明に係る光変調器励振回路を製造するにあたっては、従来の光変調器励振回路のストリップ線路に単に薄膜抵抗を付加するのみの必要最小限の変更で済むため、薄膜抵抗作成用のマスクパターンを部分的に修正する以外、従来の製造工程及び製造設備と全く同一の製造工程及び製造設備をそのまま流用することが可能である。このため、光変調器モジュールの高性能化を図るうえで新たなコストが発生しないことから、高機能化、生産性向上及び低コスト化を期待することができる。これらの結果、次世代通信ネットワークの構築に向けた幹線系光ファイバ通信システムの高速化・高機能化への道が拓かれる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第一の実施例に係る光変調器励振回路の構成を示す斜視図である。

図 2 は、本発明の第一の実施例に係る光変調器励振回路を備えた電界吸収型光変調器モジュールの一実施例を示す平面図である。

図 3 は、本発明の第一の実施例に係る光変調器励振回路における光変調器の構成を示す斜視図である。

図 4 は、本発明の第一の実施例に係る光変調器励振回路の一具体例の構成を示す斜視図である。

図 5 は、光変調器励振回路における周波数と反射との関係を測定した結果を示すグラフである。

図 6 は、光変調器励振回路における周波数と反射との関係を測定した結果を示すグラフである。

図 7 は、従来の光変調器励振回路の構成を示す斜視図である。

(符号の説明)

- 1 光変調器
- 2 第 1 のストリップ線路
- 3 第 1 の終端
- 4 第 2 のストリップ線路
- 5 第 2 の終端

- 6 第3の終端
- 8 第一ボンディングワイヤ
- 9 第二ボンディングワイヤ
- 11 光変調器
- 12 第1のストリップ線路
 - 12-1 導体
 - 12-2 高周波基板
 - 12-3 裏面導体
- 13-1 第1の終端
- 13-2 薄膜
- 14 第2のストリップ線路
 - 14-1 導体
 - 14-2 高周波基板
 - 14-3 裏面導体
- 15-1 第2の終端
- 15-2 薄膜
- 16-1 第3の終端
- 16-2 薄膜
- 18 第一Auリボンワイヤ
- 19 第二Auリボンワイヤ
- 20 光変調器モジュール
 - 21-1 第一レンズ部
 - 21-2 第二レンズ部
- 22 高周波コネクタ
- 23 パッケージ
 - 24-1 光入力端子
 - 24-2 光出力端子
- 25 温度センサ
 - 26-1 第一光ファイバ
 - 26-2 第二光ファイバ

- 2 7 光変調器励振回路
- 2 8 放熱器
- 3 1 光信号
- 3 2 光信号
- 3 3 変調R F 信号
- 4 1 第二電極
- 4 2 基板
- 4 3 光吸収層
- 4 4 第一クラッド層
- 4 5 コンタクト層
- 4 6 第一電極
- 4 7 第二クラッド層
- 4 8 絶縁層
- 4 9 接合部
- 4 0 反射層

好ましい実施例の詳細な説明

以下、本発明に係る光変調器励振回路及び光変調器モジュールの実施例を添付図面を参照して説明する。

先ず、本発明に係る光変調器励振回路の第一の実施例について説明する。

図1は、本発明の第一の実施例に係る光変調器励振回路10の構成を示す斜視図である。

本実施例に係る光変調器励振回路10は、光変調器1と、第1のストリップ線路2と、第1のストリップ線路2上に形成された第1の終端3と、第2のストリップ線路4と、第2のストリップ線路4上に形成された第2の終端5及び第3の終端6と、光変調器1と第1のストリップ線路2とを電氣的に接続する第一ボンディングワイヤ8と、光変調器1と第2のストリップ線路4とを電氣的に接続する第二ボンディングワイヤ9と、から構成されている。

光変調器1は、変調R F (Radio Frequency) 信号33 (電界) に基づいて、受信した光信号31における光の強度、周波数及び位相を変調し、

変調信号光としての光信号 32 を出力する。

第1のストリップ線路2と第2のストリップ線路4とは光変調器1を間に挟んで光変調器1の光軸に垂直な方向に一直線上に配置されている。第1のストリップ線路2及び第2のストリップ線路4は、光変調器1を中継するようにして、第一ボンディングワイヤ8及び第二ボンディングワイヤ9で相互に電氣的に接続されている。

本実施例に係る光変調器励振回路10においては、第1のストリップ線路2は特性インピーダンス Z_{01} 及び実効屈折率 N_{m1} を有するものとし、第2のストリップ線路4は特性インピーダンス Z_{02} 及び実効屈折率 N_{m2} を有するものとする。

第1のストリップ線路2は、光変調器1を通過する光信号31を変調するために使用する変調RF信号33を受信する。そして、その変調RF信号33を第一ボンディングワイヤ8を介して光変調器1へ出力する。第1のストリップ線路2の特性インピーダンス Z_{01} は、変調RF信号33を出力する線路の特性インピーダンス Z_0 に等しい。

第2のストリップ線路4は、光変調器1及び第二ボンディングワイヤ9を経由した変調RF信号33を受信する。

本実施例に係る光変調器励振回路10においては、第2のストリップ線路4の特性インピーダンス Z_{02} は、第1のストリップ線路の特性インピーダンス Z_{01} とは異なる値に設定されている。これは、第2のストリップ線路4における変調RF信号33の反射を残すようにするためである。変調RF信号33の反射を残すことによって、第1の終端3、第2の終端5及び第3の終端6の効果を引き出すことが可能になる。

本実施例に係る光変調器励振回路10においては、想定される変調RF信号33の最高使用周波数 F_m に対して、第2のストリップ線路4の長さは $C_0 / (4 F_m \times N_{m2})$ 以下に設定されている。 N_{m2} は第2のストリップ線路4の実効屈折率、 C_0 は光速である。これは、第2のストリップ線路4の電気長が変調RF信号33の最高使用周波数 F_m に対して $1/4$ 波長以下であることを意味する。その理由は既述の通りである。

第1の終端3は、第1のストリップ線路2上の光変調器1側の端部に位置して

おり、インピーダンス Z_{L1} を有する電気素子を構成している。本実施例においては、インピーダンス Z_{L1} は第1のストリップ線路の特性インピーダンス Z_0 とは異なる値に設定されている。第1のストリップ線路2の表面には、第1のストリップ線路の長手軸方向の両端にわたって延びている導体2aが形成されており、本実施例においては、第1の終端3はこの導体2a上に形成された薄膜抵抗体として構成されている。

第2の終端5及び第3の終端6はそれぞれ第2のストリップ線路4上の長手軸方向の互いに異なる位置にあり、それぞれインピーダンス Z_{L2} 、 Z_{L3} の電気素子を構成している。本実施例においては、第2の終端5及び第3の終端6は第2のストリップ線路4の長手軸方向の両端部に配置されている。第2のストリップ線路4の表面には、第2のストリップ線路4の長手軸方向の両端にわたって延びている導体4aが形成されており、本実施例においては、第2の終端5及び第3の終端6はこの導体4a上に形成された薄膜抵抗体として構成されている。

本実施例においては、3つの終端（第1の終端3、第2の終端5及び第3の終端6）の並列合成抵抗値（インピーダンス）は変調RF信号33を出力する線路の特性インピーダンス Z_0 に一致するように設定されている。従って、本実施例においては、3つの終端の並列合成抵抗値（インピーダンス）は第1のストリップ線路2の特性インピーダンス Z_{01} にも等しい。

さらに、3つの終端に第一ボンディングワイヤ8及び第二ボンディングワイヤ9を含めた合成抵抗値が特性インピーダンス Z_0 に一致することがより望ましい。ただし、変調RF信号33が直流に近い低周波の場合、第一ボンディングワイヤ8及び第二ボンディングワイヤ9のインピーダンスは無視できる。

第一ボンディングワイヤ8は第1のストリップ線路2と光変調器1とを電氣的に接続しており、第二ボンディングワイヤ9は第2のストリップ線路2と光変調器1とを電氣的に接続している。さらに、第一ボンディングワイヤ8と第二ボンディングワイヤ9とは光変調器1上で相互に接続している。

次に、本発明の第一の実施例に係る光変調器励振回路10を適用した光変調器モジュール20の一実施例の構成について、図2を参照して説明する。

光変調器モジュール20は、キャリア7、第一レンズ部21-1、第二レンズ部21-2、高周波コネクタ22、パッケージ23、光入力端子24-1、光出

力端子 24-2、温度センサ 25、光変調器励振回路 27 及び放熱部 28 を備えている。

光変調器励振回路 27 は、図 1 に示した第一の実施例に係る光変調器励振回路 10 と同一の構成を有している。

キャリア 7 は金属製の基台からなり、キャリア 7 上に、光変調器励振回路 27、第一レンズ部 21-1、第二レンズ部 21-2 及び温度センサ 25 が、光変調器モジュール 20 の内部において、所定の位置関係を有するように配置されている。

第一レンズ部 21-1 及び第二レンズ部 21-2 の各々は、レンズと、このレンズを保持するレンズホルダーとから構成されている。第一レンズ部 21-1 及び第二レンズ部 21-2 のレンズは、光変調器励振回路 27 内の光変調器 1 の光導波路と、第一光ファイバ 26-1 及び第二光ファイバ 26-2 のコアとを結ぶ光軸上に配設されている。第一レンズ部 21-1 及び第二レンズ部 21-2 と光変調器 1 との間の距離は、各レンズの焦点が光変調器 1 の光入出力端面（光導波路の端面）上に位置するように、設定されている。

高周波コネクタ 22 は、変調 RF 信号 33 の伝送線路（図示せず）と光変調器モジュール 20 とを電氣的に接続しており、その伝送線路により伝送される変調 RF 信号 33 を光変調器励振回路 27 の第 1 のストリップ線路 2 に出力する。

キャリア 7 はパッケージ 23 の内側底面に実装された電子冷却器（電子冷却器はキャリア 7 の下方に位置しているため、図 2 には示されていない）の上に実装されている。

光入力端子 24-1 は第一光ファイバ 26-1 と光変調器モジュール 20 とを光学的に接合し、光出力端子 24-2 は第二光ファイバ 26-2 と光変調器モジュール 20 とを光学的に接合している。光入力端子 24-1 は、第一光ファイバ 26-1 を介して伝送される光信号 31 を光変調器モジュール 20 の第一レンズ部 21-1 に出力し、また、光出力端子 24-2 は、光変調器モジュール 20 の第二レンズ部 21-2 を介して出力される光信号 32 を第二光ファイバ 26-2 に伝送する。

温度センサ 25 は光変調器励振回路 27 の近傍の温度を計測する。

バイアスリード 28 は、温度センサ 25 及び電子冷却器に接続されている。

次に、光変調器モジュール 20 の動作について、図 1 及び図 2 を参照して説明

する。

変調RF信号用線路を伝送された変調RF信号33は、高周波コネクタ22を介して、光変調器モジュール20の光変調器励振回路27の第1のストリップ線路2に出力される。第1のストリップ線路2の入力端から入力された変調RF信号33は、第1のストリップ線路2から第一ボンディングワイヤ8を介して、光変調器1に出力される。

一方、第一光ファイバ26-1を伝送された光信号31は、光入力端子24-1を介して光変調器モジュール20に出力される。光信号31は、第一レンズ部21-1で受光され、第一レンズ部21-1のレンズを介して、光変調器1の光導波路の一端部に集光される。次いで、光変調器1の光導波路内を光導波路の他端部に向けて伝送される。

光信号31は、その光導波路内を伝送されに途中において、第一ボンディングワイヤ8を介して入力された変調RF信号33により変調され、変調された光信号である光信号32となる。光信号32は、光導波路の他端部から放射され、第二レンズ部21-2で受光される。次いで、第二レンズ部21-2のレンズを介して、光出力端子24-2の端部に集光され、光出力端子24-2から第二光ファイバ26-2に出力される。

変調RF信号33は、光信号31の変調を行った後、光変調器1を経由して第2のストリップ線路4の末端まで伝搬する。

変調RF信号33が直流に近い低周波の場合、光変調器1の素子自身のインピーダンスはほぼ無限大（開放）である。さらに、第一ボンディングワイヤ8及び第二ボンディングワイヤ9のインピーダンスは無視できるので、変調RF信号33の経路から光変調器励振回路27を見込んだ入力インピーダンスは、第1の終端3、第2の終端5及び第3の終端6の並列合成抵抗値にほぼ等しい。このため、この低周波域においては、変調RF信号33の経路の特性インピーダンスが受電端のインピーダンス（並列合成抵抗値 $=Z_0$ ）に等しいことから、光変調器励振回路27を見込んだ反射を実用上支障のない程度に低く抑えることができる。

一方、変調RF信号33が数GHz乃至ミリ波帯にわたる高周波の場合、容量性負荷である光変調器1のインピーダンスが急激に減少する。一方、第2のストリップ線路4の長さは、アドミッタンスの周波数に対する1次近似が概ね成り立

つ $\lambda/4$ 以下である。従って、第2のストリップ線路4は、アドミタンスが周波数に比例して減少する（すなわち、インピーダンスが周波数の増加とともに増加する）傾向を示す整合回路に見立てることができる。すなわち、光変調器1より後段に配置された第二ボンディングワイヤ9、第2のストリップ線路4、第2の終端5及び第3の終端6の合成インピーダンスは、光変調器1のインピーダンスが急減するという光変調器1の振舞いを補償し（すなわち、合成インピーダンスを急増させ）、光変調器励振回路27を見込んだインピーダンスの周波数依存性を打ち消すように働く。

これらにより、光変調器モジュール20においては、直流から最高使用周波数に至る広い帯域にわたって、光変調器励振回路27を見込んだ反射を実用上支障のない程度に抑えることが可能になる。

また、従来の整合手段として用いられてきた第1のストリップ線路2にキャパシタを付加する方法を本実施例に係る光変調器モジュール20と併用すると、低反射特性のさらなる向上を期待することができる。

（実施例1）

次に、上で述べた本発明に係る光変調器励振回路を電界吸収型光変調器モジュールに適用した場合の実施例を図面を参照して説明する。

図2は、電界吸収型光変調器モジュール（光変調器モジュール20）の構成を示す図である。これらは、既述の説明のとおりであるので、以下に述べる光変調器励振回路27以外の構成要素の説明を省略する。

図4は、電界吸収型光変調器モジュール20に適用した光変調器励振回路27の構成を示す斜視図である。

図4に示すように、電界吸収型光変調器モジュール20の一構成要素である光変調器励振回路27は、光変調器11と、第1のストリップ線路12と、第1のストリップ線路12の上面に形成された第一の導体12-1と、第1のストリップ線路12の裏面に形成された第二の導体12-3（図示せず）と、第1のストリップ線路12の光変調器11に近い端部において、第1のストリップ線路12の上面、側面及び裏面にわたって形成され、第一の導体12-1と第二の導体12-3とを電氣的に接続する第一薄膜13-2と、第1のストリップ線路12の光変調器11に近い端部において、第一の導体12-1及び第一薄膜13-2上

に形成された第1の終端13-1と、第2のストリップ線路14と、第2のストリップ線路14の上面に形成された第三の導体14-1と、第2のストリップ線路14の裏面に形成された第四の導体14-3（図示せず）と、第2のストリップ線路14の光変調器11に近い端部において、第2のストリップ線路14の上面、側面及び裏面にわたって形成され、第三の導体14-1と第四の導体14-3とを電氣的に接続する第二薄膜15-2と、第2のストリップ線路14の光変調器11から離れた端部において、第2のストリップ線路14の上面、側面及び裏面にわたって形成され、第三の導体14-1と第四の導体14-3とを電氣的に接続する第三薄膜16-2と、第2のストリップ線路14の光変調器11に近い端部において、第三の導体14-1及び第二薄膜15-2上に形成された第2の終端15-1と、第2のストリップ線路14の光変調器11から離れた端部において、第三の導体14-1及び第二薄膜15-2上に形成された第6の終端16-1と、光変調器11と第1のストリップ線路12とを電氣的に接続する第一Auリボンワイヤ18と、光変調器11と第2のストリップ線路14とを電氣的に接続する第二Auリボンワイヤ19と、から構成されている。

光変調器11は、図1に示した光変調器励振回路10の光変調器1に対応している。同様に、第1のストリップ線路12は第1のストリップ線路2に、第1の終端13-1は第1の終端3に、第2のストリップ線路14は第2のストリップ線路4に、第2の終端15-1は第2の終端5に、第3の終端16は第3の終端6に、第一Auリボンワイヤ18は第一ボンディングワイヤ8に、第二Auリボンワイヤ19は第二ボンディングワイヤ9にそれぞれ対応している。

第1のストリップ線路12は、比誘電率9.95、厚さ250 μ m、長さ3.5mm及び幅700 μ mのアルミナ基板12-2からなるコプレーナ線路であり、50 Ω の特性インピーダンスを有している。第一導体12-1と第二導体12-3とを電氣的に導通させる第一薄膜13-2はメタライズ加工により形成されている。第1の終端13-1は、Ta₂Nの薄膜抵抗からなり、100 Ω /□のシート抵抗と150 Ω のインピーダンスZL1とを有している。

第2のストリップ線路14も同様に、比誘電率9.95、厚さ250 μ m、長さ3.5mm及び幅700 μ mのアルミナ基板14-2からなるコプレーナ線路であり、50 Ω の特性インピーダンスを有している。第二導体14-1と第三導

体14-3とを電氣的に導通させる第二薄膜15-2及び第三薄膜16-2はメタライズ加工により形成されている。第2の終端15-1は、 Ta_2N の薄膜抵抗からなり、 $100\Omega/\square$ のシート抵抗と 150Ω のインピーダンス $ZL2$ とを有している。同様に、第3の終端16-1は、 Ta_2N の薄膜抵抗からなり、 $100\Omega/\square$ のシート抵抗と 150Ω のインピーダンス $ZL3$ とを有している。

光変調器11、第1のストリップ線路12及び第2のストリップ線路14は、金属製のキャリア7上において、光変調器11の光軸と垂直な方向に一直線上に配置されている。

第1のストリップ線路12と光変調器11とは 150 pH のインダクタンスを持つボンディングワイヤとしての第一Auリボンワイヤ18を介して接続されている。同様に、第2のストリップ線路14と光変調器11とは 180 pH のインダクタンスを持つボンディングワイヤとしての第二Auリボンワイヤ19を介して接続されている。

次に、電界吸収型光変調器モジュール20の一構成要素である光変調器11についてさらに説明する。

図3は光変調器11の構成を示す斜視図である。

光変調器11は、電界吸収型光変調器であり、基板42と、基板42の裏面上に配置されている第一電極41と、基板42のほぼ中央部において基板42の長手軸方向に形成されている光吸収層43と、光吸収層43上に形成されている第一クラッド層44と、第一クラッド層44上に形成されているコンタクト層45と、コンタクト層45上に形成されている第二電極46と、光吸収層43及び第一クラッド層44の周囲に形成されている第二クラッド層47と、第二クラッド層47上に形成されている絶縁層48と、から構成されている。

基板42はInP基板からなる。

第二クラッド層47は、基板42上の光吸収層43が形成されている領域以外の領域に積層されたn-InP層である。

光吸収層43は、基板42上の第二クラッド層47に挟まれた領域に形成されている。光吸収層43の幅は2ミクロンであり、波長組成 $1.49\mu\text{m}$ のアンダーPInGaAs/InAlAs量子井戸構造（井戸層数 $N_w=7$ ）を有している。光吸収層43は、光導波路として光信号31を通過させ、光信号31に対し

て光変調を行い、光信号32として出力する。

第一クラッド層44は、第二クラッド層47に挟まれて形成されており、光吸収層43の上部表面を覆うように形成された $p\text{-InP}$ 層である。

コンタクト層45は、第二クラッド層47に挟まれて形成されており、第一クラッド層44の上部表面を覆うように形成された $p^+\text{-InGaAs}$ 層である。

第二電極46は、第二クラッド層47に挟まれて形成されており、コンタクト層45の上部表面を覆うように形成された Cr/Au/Ti/Pt/Au の5層メタルからなる p -電極である。第二電極46の一部は、絶縁層48上に延び、第一ボンディングワイヤ18及び第二ボンディングワイヤ19が相互に接合される接続部49を形成している。接続部49には、第1のストリップ線路12から伝送されてきた変調RF信号33が印加される。

絶縁層48は、第二クラッド層47表面を覆うように形成されている。

第一電極41は、基板42の裏面に形成された Ti/Pt/Au の3層メタルからなる n -電極である。

光変調器11の素子長 W は $300\mu\text{m}$ であり、両劈開端面40には反射率0.1%以下の低反射膜（図示せず）が形成されている。素子容量は逆バイアス電圧 -2V 印加時において 125fF である。

図5は、図4に示した光変調器励振回路27における変調RF信号33の周波数と信号強度との関係（周波数応答特性）を測定した結果を示すグラフである。横軸は入力された変調RF信号33の周波数、縦軸は反射または透過の強度である。実線は、図4に示した光変調励振回路27を用いた場合の測定結果を示すグラフであり、破線は、従来の光変調励振回路を用いた場合の測定結果を示すグラフである。

ここでは、電界吸収型の光変調器11に逆バイアス -2V を印加し、入力された変調RF信号33に対する光変調器11とその励振回路とを見込んだ反射及び透過を測定している。反射 S_{11} の値を示す曲線（実線）に示されているように、変調RF信号33が直流（周波数0）から 60GHz にわたる非常に広い帯域において、反射波は -15dB 以下と非常に小さな値に抑えられているが判明した。

この光変調器励振回路27の光変調器11に 1550nm の信号光を入射したところ、変調周波数帯域（透過 S_{21} ： -3dB 以上）は 50GHz 以上となり、

40 GHzの光ファイバ通信を実現するうえで実用上十分な広帯域光変調特性が得られることが判明した。

(実施例2)

次に、図4に示した光変調器励振回路27を電界吸収型光変調器モジュールに適用した他の実施例を図面を参照して説明する。

図2は、図4に示した光変調器励振回路27を備える電界吸収型光変調器モジュール20の構成を示す分解平面図である。電界吸収型光変調器モジュール20の構成は実施例1において述べた電界吸収型光変調器モジュールと同様である。ただし、キャリア7は、実施例1の場合とは異なり、Fe-Ni-Co合金製キャリアである。

実施例1の場合と同様に、電界吸収型光変調器11に逆バイアス-2Vを印加し、入力された変調RF信号33に対する電界吸収型光変調器11とその励振回路を見込んだ反射を測定したところ、変調RF信号33が直流（周波数0）から40 GHzにわたる非常に広い帯域において、反射波は-15 dB以下と非常に小さな値に抑えられた。

さらに、この光変調器励振回路27の光変調器11に1550 nmの信号光を入射したところ、変調周波数帯域50 GHz以上と、40 GHzの光ファイバ通信を実現するうえで実用上十分な広帯域光変調特性が得られた。

また、こうした光変調器モジュール20を実用化するうえでは、製造過程で生じ得る寸法や抵抗値などの変動に対して、これらが変調特性に及ぼす影響を実用上支障がない程度まで十分小さな値に抑えられるように、各回路素子パラメータに対するトレランス設計が重要である。

図6は、実施例2の光変調器励振回路27における変調RF信号33の周波数と信号強度との関係（周波数応答特性）を測定した結果を示すグラフである。横軸は、入力された変調RF信号33の周波数、縦軸は、反射または透過の強度である。図6の各曲線は、変調RF信号33の入力線路の特性インピーダンス Z_0 が±5%の範囲内において変化した場合、合成終端抵抗値 Z_L が±10%の範囲内において変化した場合、並びに、光変調器11の素子容量 C_{abs} が±25%の範囲内において変化した場合の反射及び透過を示す。

図6に示すように、光変調器励振回路27において各ストリップ線路の特性イ

インピーダンスが $\pm 5\%$ 、終端抵抗値が $\pm 10\%$ 、光変調器の素子容量が $\pm 25\%$ それぞれ変化した場合であっても、光変調器励振回路27を見込んだ反射S11は -13 dB 以下に抑えられている。

さらに、変調周波数帯域（透過S21： -3 dB 以上）は 37 GHz 以上であり、実用上十分な広帯域・低反射光変調特性が得られることが判明した。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明に係る光変調器励振回路、光変調器モジュール及び光変調器の励振方法によれば、次のような効果を期待することができる。

第1の効果は、特にミリ波帯に近い高周波域において光変調器励振回路を見込んだ反射を実用上支障がない程度にまで大幅に抑制できると同時に変調特性の広帯域化が可能である点である。

その理由は、終端を光変調器励振回路に分散して配置した構造によれば、光変調器自身の示す容量性の振舞いの周波数依存性を調整することにより、その整合回路に必要なインピーダンスの上限と下限をほぼ独立に最適化することが可能だからである。

第2の効果は、光変調器及びその集積光素子からなる光変調器モジュールの駆動回路の負担が軽減され、駆動回路自体の広帯域化・小型低電圧化・低コスト化を図ることができる点である。

その理由は、上記の第1の効果で述べた理由により、光変調器励振回路を見込んだ反射が非常に広帯域にわたって実用上支障がない程度にまで抑えることができるため、より低い電圧（電流）出力で光変調器モジュールを変調動作させることができるからであり、その結果として、電子回路素子への負荷も軽減され、広帯域化に向けた素子選択と呼び回路設計いずれの自由度も高くなると同時に低消費電力化までも可能だからである。

さらに、第3の効果は、光変調器またはその集積化素子の光変調器モジュールの低コスト化を実現することができる点である。

その理由は、本発明に係る光変調器励振回路は、従来の光変調器励振回路のストリップ線路に対して、終端を構成する薄膜抵抗を単に付加するという必要最小限の変更で実現することができるため、薄膜抵抗体のマスクパターンを部分修正

する以外、全く同一の製造工程及び製造設備をそのまま流用することが可能になり、上記の第1及び第2の効果で示した高性能化を図るうえで新たなコストが発生しないからである。

従来は、特に幹線系光ファイバ通信システム向けの超高速光変調器及びその集積光素子からなる光変調器モジュールを駆動する際に、高周波域における反射の急増が深刻な問題であった。本発明に係る光変調器励振回路は、光導波路回路プラットフォームの端面形成工程において信号光の波面整合機能を高精度に一体形成してしまうことにより、別途光学部品を用いることなく、この深刻な問題を解決することを可能にするものであり、より小型・高性能・低価格のハイブリッド集積光変調器モジュールを大量かつ安定に提供する道を拓くものである。

請求の範囲

1. 光を変調して出力する光変調器と、
前記光変調器に電氣的に接続され、前記光変調器に変調RF信号を出力する第1のストリップ線路と、
前記光変調器を介して前記第1のストリップ線路に電氣的に接続されている第2のストリップ線路と、
を備える光変調器励振回路において、
前記第1のストリップ線路は、第1の電気素子を含み、かつ、第1の特性インピーダンスを有し、
前記第2のストリップ線路は、第2の電気素子を含み、かつ、第2の特性インピーダンスを有しており、
前記第1の特性インピーダンスは、前記変調RF信号の前記第1のストリップ線路への入力経路の特性インピーダンスに等しく、
前記第1の電気素子と前記第2の電気素子との並列合成インピーダンスは前記入力経路の特性インピーダンスに等しいものであることを特徴とする光変調器励振回路。
2. 前記第2の電気素子は、少なくとも2つの電気素子を含み、これら2つの電気素子は前記第2のストリップ線路上の長手軸方向の互いに異なる位置に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の光変調器励振回路。
3. 前記少なくとも2つの電気素子の各々は前記第2のストリップ線路の両端に配置されていることを特徴とする請求項2に記載の光変調器励振回路。
4. 前記第1の電気素子及び前記第2の電気素子の少なくとも1つは抵抗から構成されているものであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。
5. 前記抵抗は、前記第2のストリップ線路上の導体上に形成された薄膜抵

抗体からなるものであることを特徴とする請求項 4 に記載の光変調器励振回路。

6. 前記第 2 のストリップ線路の電気長が前記変調 R F 信号の最高周波数に対する波長の $1/4$ 波長以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。

7. 前記第 2 の特性インピーダンスは前記第 1 の特性インピーダンスと異なる値であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。

8. 前記第 1 の電気素子のインピーダンスは前記第 1 の特性インピーダンスとは異なる値であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路。

9. 光信号を変調する変調 R F 信号を受信する高周波入力部と、
第 1 の光信号を受信する光入力部と、
前記高周波入力部と電氣的に接続し、前記光入力部と光学的に接続し、前記変調 R F 信号に基づいて、前記第 1 の光信号を第 2 の光信号に変調する請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の光変調器励振回路と、
前記光変調器励振回路と光学的に接続し、前記第 2 の光信号を出力する光出力部と、
を備える光変調器モジュール。

10. 前記光入力部は、
光信号を入出力可能な光入力端子と、
第 1 のレンズと、
を備え、
前記光入力端子は、第 1 の光ファイバに接続され、前記第 1 の光ファイバを介して前記第 1 の光信号を受信して、前記第 1 のレンズに出力し、
前記第 1 のレンズは、前記第 1 の光信号を受信して、前記光変調器励振回路の

前記光変調器に出力するものであることを特徴とする請求項 9 に記載の光変調器モジュール。

11. 前記光出力部は、
第 2 のレンズと、
光信号を入出力可能な光出力端子と、
を備え、

前記第 2 のレンズは、前記光変調器励振回路の前記光変調器から前記第 2 の光信号を受信して、前記光出力端子へ出力し、

前記光出力端子は、第 2 の光ファイバに接続され、前記第 2 のレンズを介して前記第 2 の光信号を受信して、前記第 2 の光ファイバへ出力するものであることを特徴とする請求項 9 または 10 に記載の光変調器モジュール。

12. 第 1 の電気素子を含み、かつ、第 1 の特性インピーダンスを有する第 1 のストリップ線路を介して、変調 RF 信号を光変調器に出力する過程と、

前記光変調器において、前記変調 RF 信号に基づいて、第 1 の光信号を第 2 の光信号に変調する過程と、

第 2 の電気素子を含み、かつ、第 2 の特性インピーダンスを有する第 2 のストリップ線路に前記変調 RF 信号を前記光変調器から出力する過程と、
を備え、

前記第 1 の特性インピーダンスは、前記変調 RF 信号の前記第 1 のストリップ線路への入力経路の特性インピーダンスに等しく、

前記第 1 の電気素子と前記第 2 の電気素子との並列合成インピーダンスは前記入力経路の特性インピーダンスに等しく設定されている光変調器の励振方法。

1/7

図 1

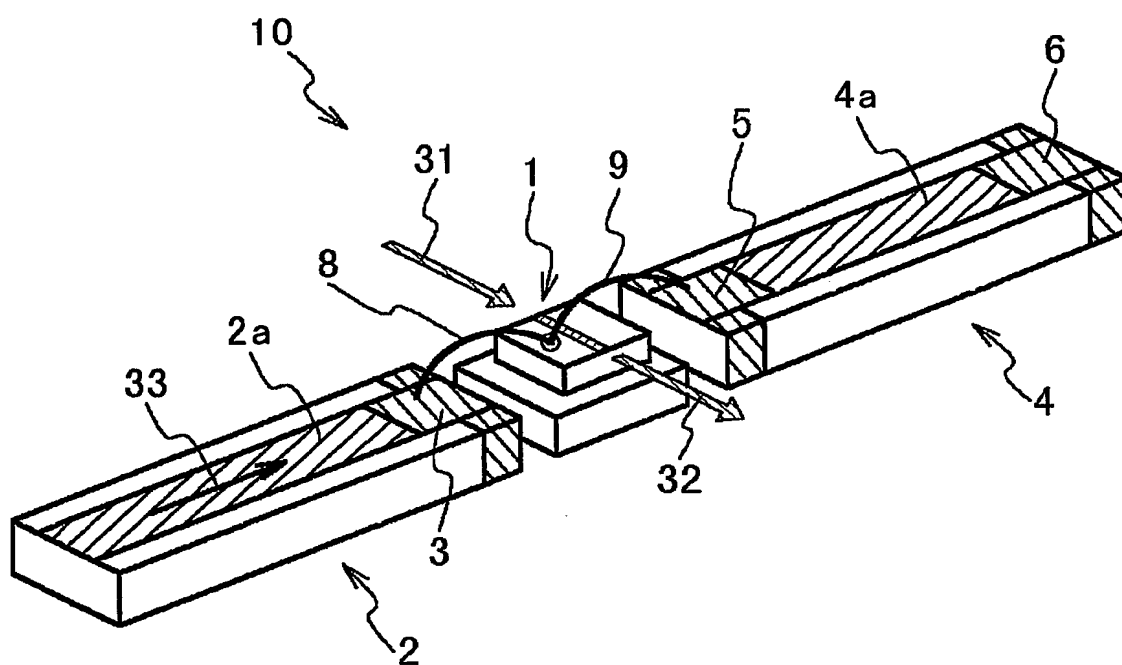


図2

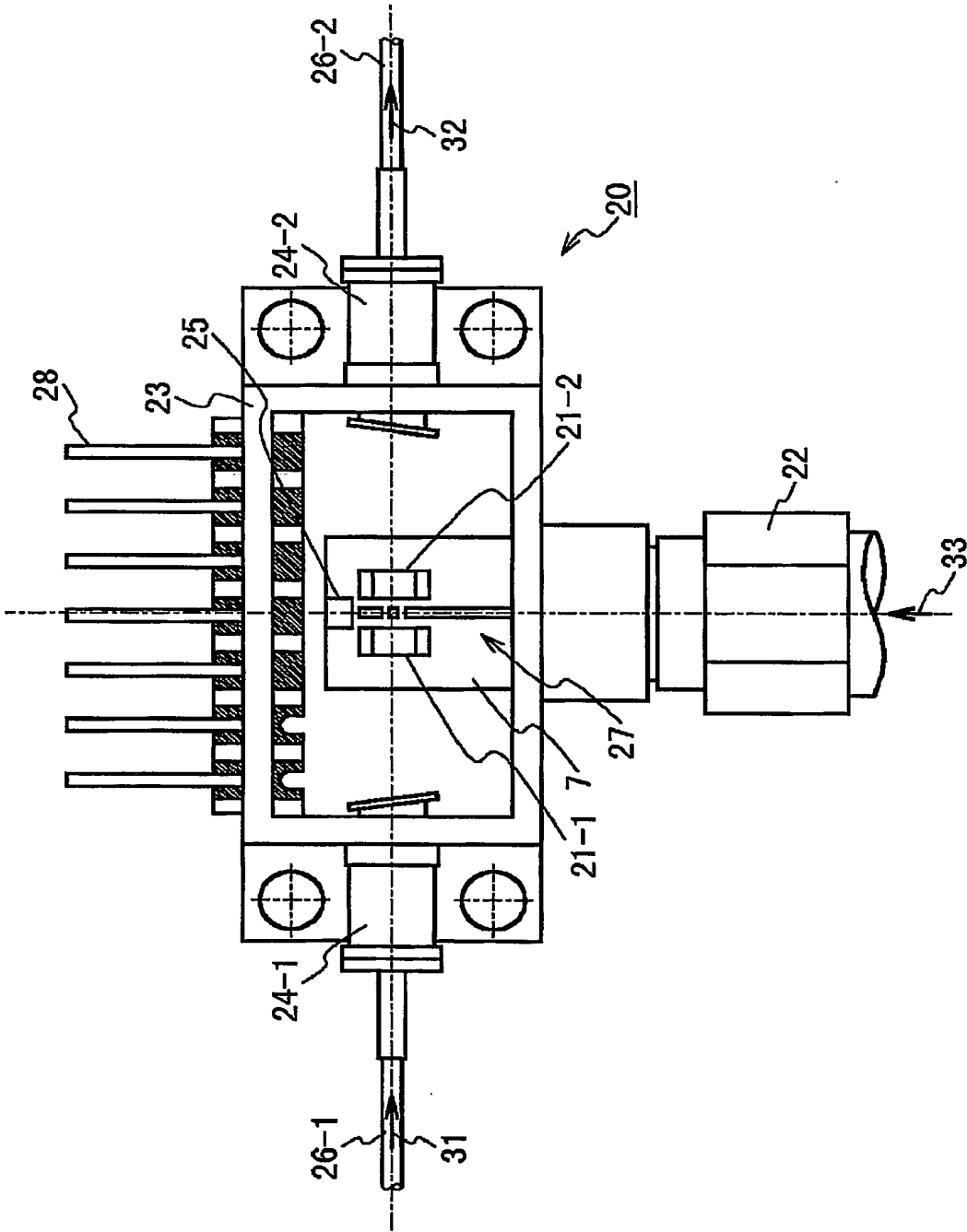
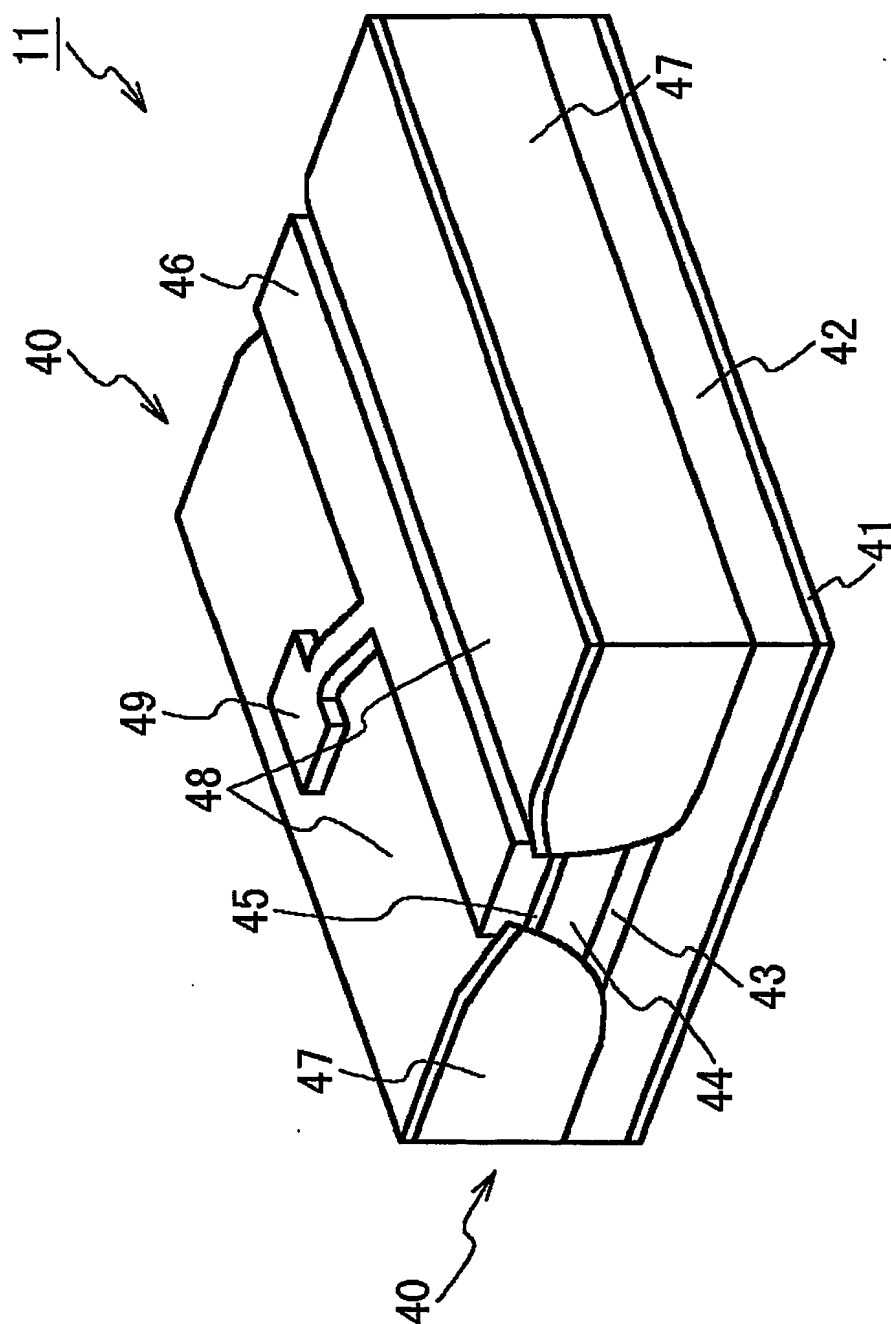
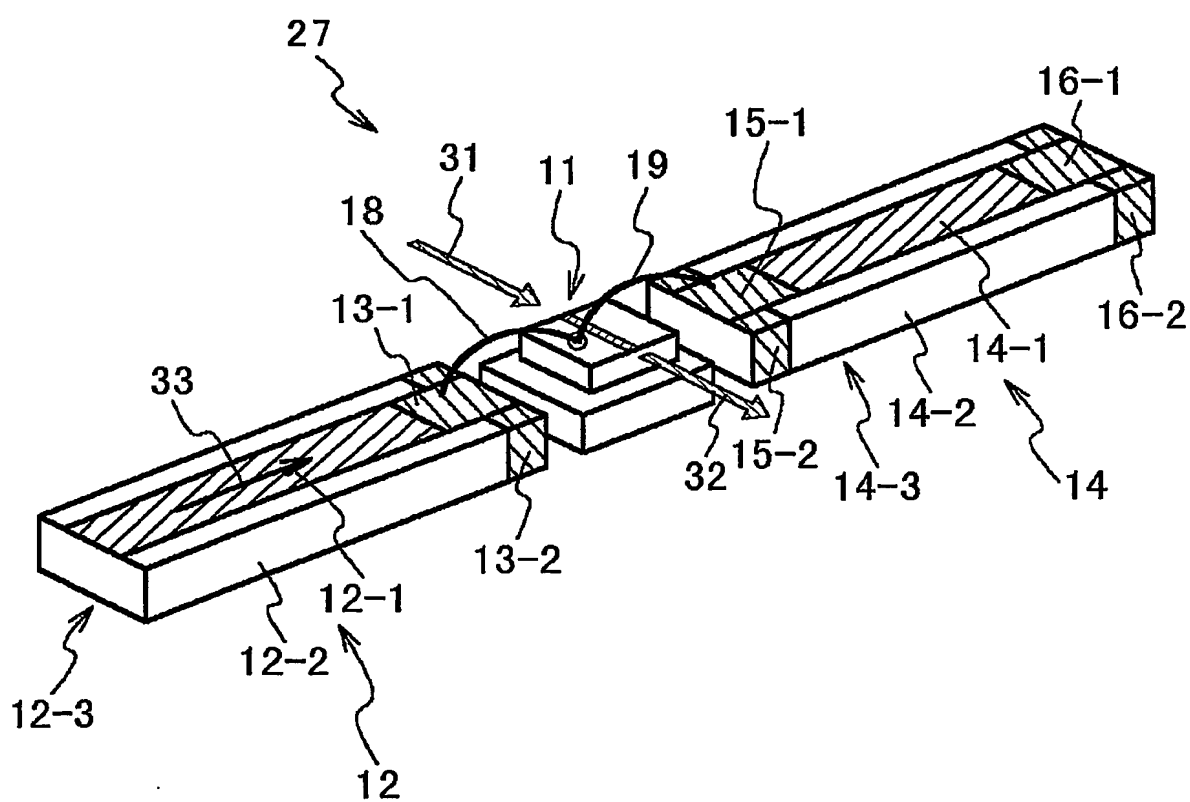


图 3



4/7

図 4



5/7

図5

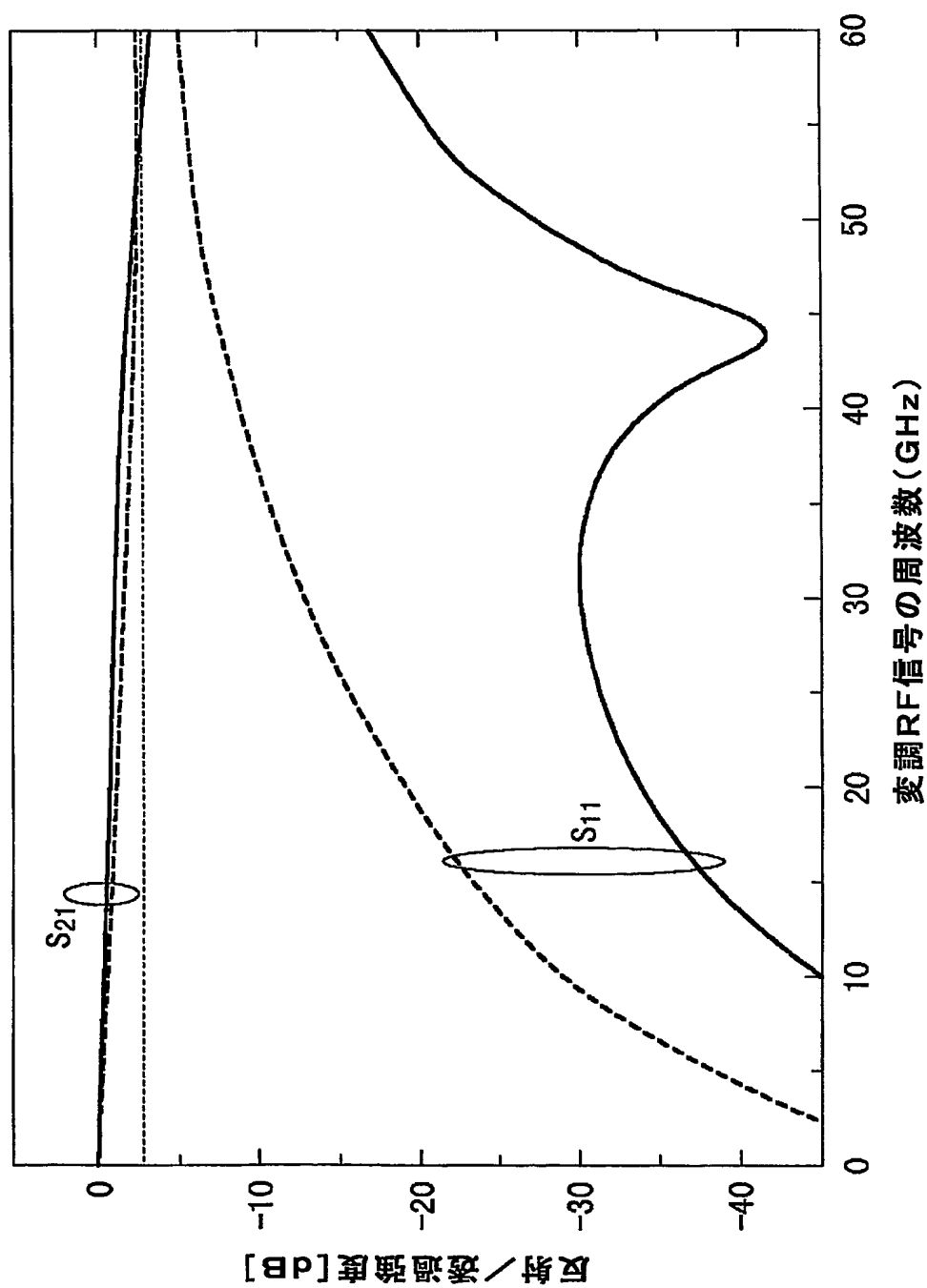
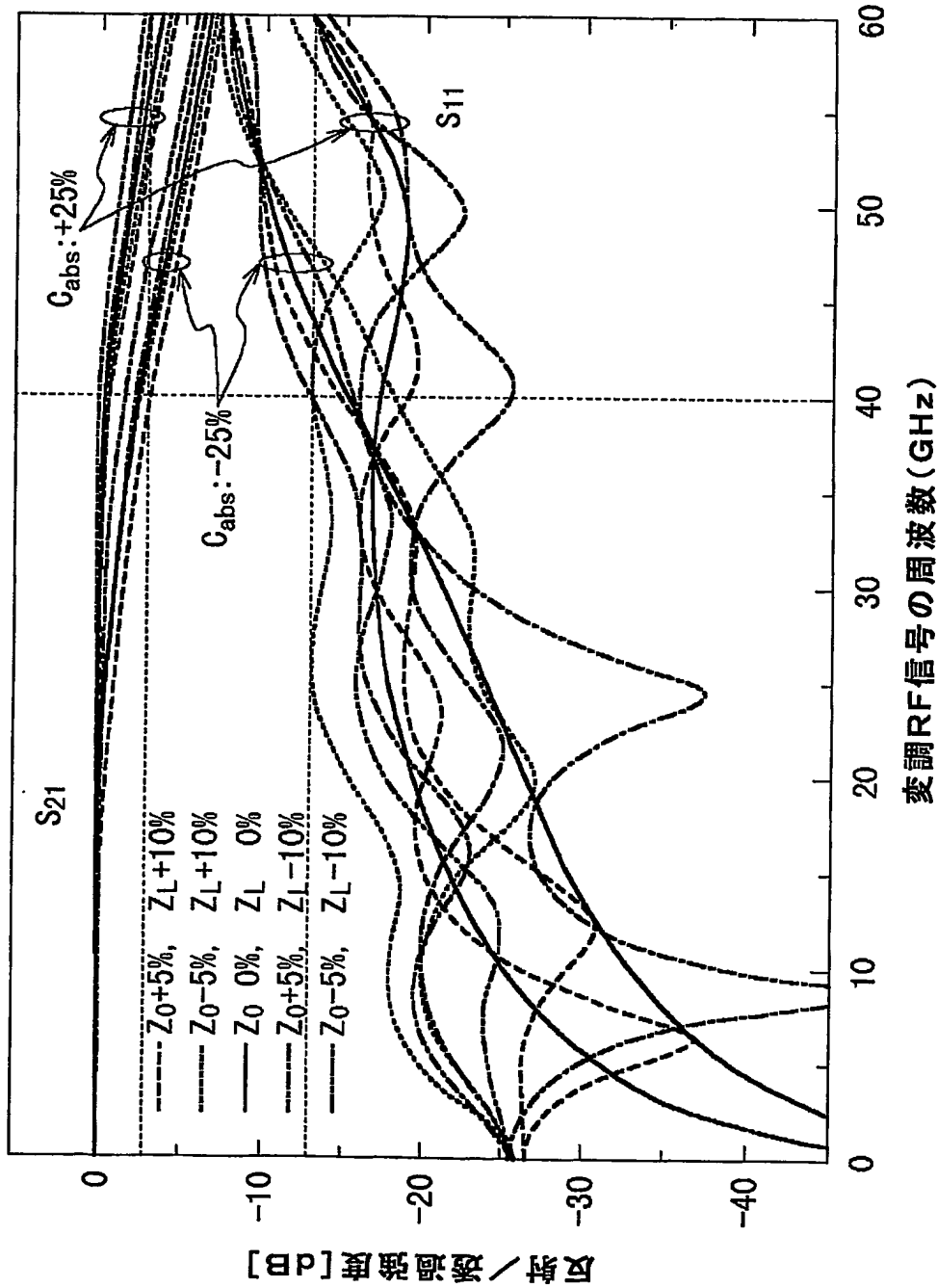
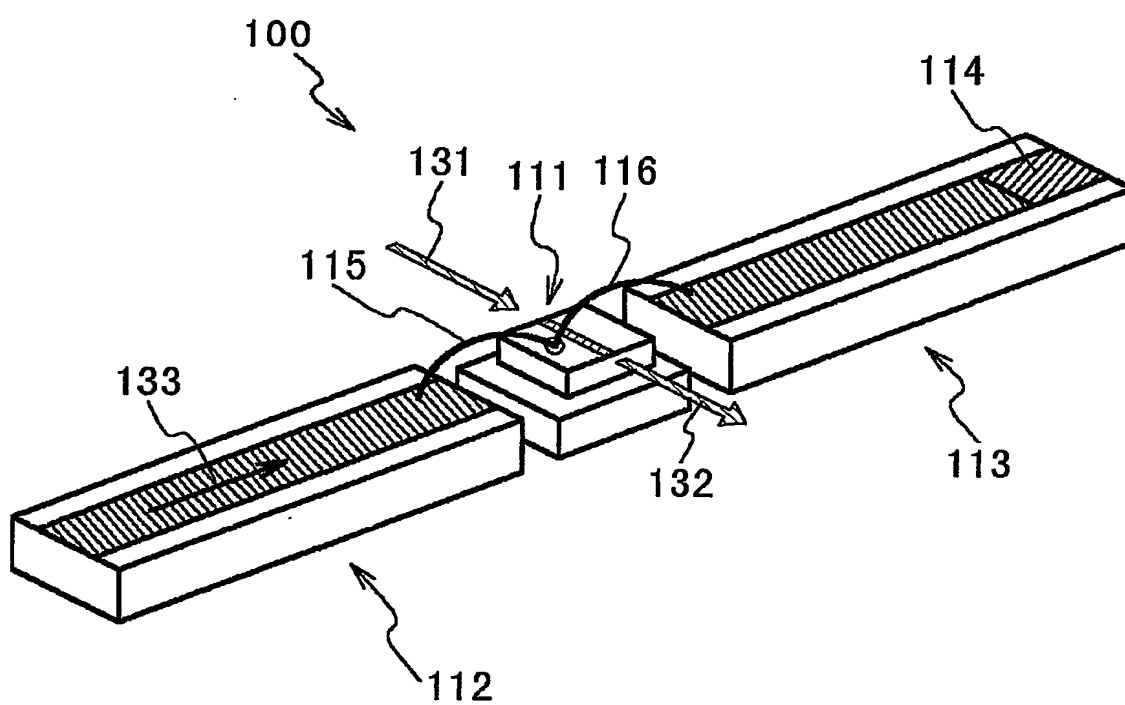


図6



7/7

図 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/02778

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02F1/01

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02F1/01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-209017 A (Mitsubishi Electric Corp.), 03 August, 2001 (03.08.01), (Family: none)	1-12
A	JP 11-38372 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 12 February, 1999 (12.02.99), & US 6101295 A1	1-12
A	JP 11-24018 A (Daikin Manufacturing Co., Ltd.), 29 January, 1999 (29.01.99), (Family: none)	1-12
A	JP 9-181682 A (Fujitsu Ltd.), 11 July, 1997 (11.07.97), & US 5706116 A1	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 June, 2003 (03.06.03)

Date of mailing of the international search report
17 June, 2003 (17.06.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/02778

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-234390 A (Hitachi, Ltd.), 05 September, 1995 (05.09.95), (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02F1/01

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02F1/01

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

INSPEC

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-209017 A (三菱電機株式会社) 2001.8.3, (ファミリーなし)	1-12
A	JP 11-38372 A (沖電気工業株式会社) 1999.2.12 & US 6101295 A1	1-12
A	JP 11-24018 A (日本電信電話株式会社) 1999.1.29, (ファミリーなし)	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.06.03

国際調査報告の発送日

17.06.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田部 元史

2X

8708

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-181682 A (富士通株式会社) 1997. 7. 11 & US 5706116 A1	1 - 1 2
A	JP 7-234390 A (株式会社日立製作所) 1995. 9. 5, (ファミリーなし)	1 - 1 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.